

SOLUSI KOMUNIKASI BERTENAGA MATAHARI

Aplikasi Fotovoltaik Pada Base Transceiver Station

Nelly Malik Lande

Balai Besar Teknologi Energi-Bppt
Kawasan Puspiptek Gd.620-622
Cisaug-Tangerang 15314
Banten Indonesia

Abstract

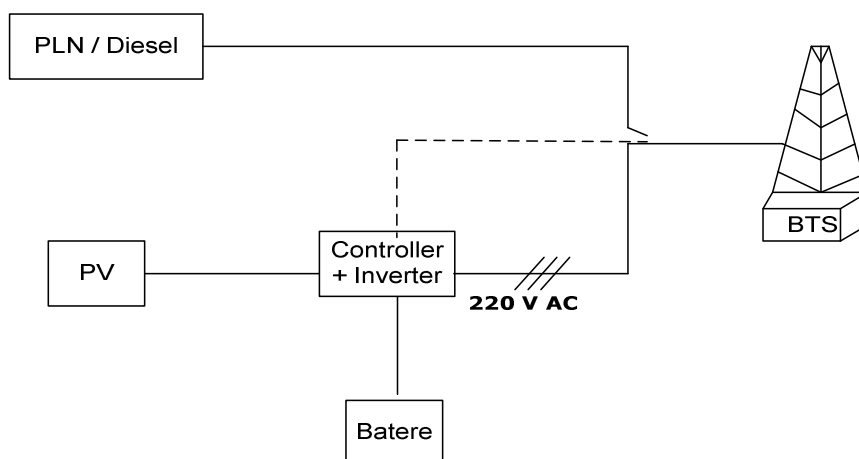
Indonesia is a country that contains by some large islands and thousand small islands. It means a communication very important. Increasing in the market demand, especially communication serves make some vendor to produce an instrument called Base Transceiver Station (BTS). BTS is very important in network telecommunication because it connect telecommunication operator with its costumers. But the problem to operate BTS in far region is electrical power supply. For handling its problem is by using BTS with SESF, or often called Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Photovoltaic), where it claimed need less energy. Because it took a lot cost for photovoltaic instrument, this paper will descript how to design hybrid system, a union of photovoltaic and diesel.

Kata kunci: sistem hibrid, fotovoltaik, diesel

1. PENDAHULUAN

Prinsip dasar penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) ini bertujuan untuk menekan investasi awal yang tinggi dari penggunaan modul fotovoltaik sebagai salah satu sumber energi alternatif yang merupakan potensi energi yang cukup besar di Indonesia.

Sistem hibrida yang terpasang terdiri atas gabungan fotovoltaik dan diesel sebagai sumber energi dan baterai sebagai penyimpan energi sekaligus berfungsi melakukan keseimbangan energi (energy balance). Adapun konfigurasi sistemnya adalah seperti gambar berikut:



Gambar 1. Sistem hibrid

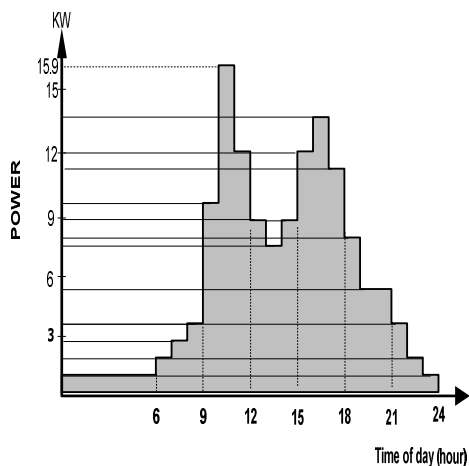
2. BAHAN DAN METODE

2.1. Kapasitas Sistem

Untuk mendirikan suatu BTS dengan sistem hibrid maka terlebih dahulu kita harus menghitung besarnya daya yang digunakan BTS tersebut. Berdasarkan hasil survey pada sebuah BTS sentral diperoleh data sebagai berikut:

Site Name : Dadang_Bekasi &
Juanda Bks COLOC : Juanda Bekasi_Sat Ex
IM3
Type of Site : Greenfield
Type of Clutter : SubUrban
Shelter / Room : Outdoor
Date : 19 Sept '07– 19 Okt '07
Electrical Connections: 4180 kWh

Dari data di atas dapat diketahui bahwa pemakaian beban setiap harinya sebesar 135 kWh. Pola beban dapat dilihat pada grafik dimana beban-beban beroperasi dari 0 – 24 jam dan ada saat tertentu dimana grafik-grafik tersebut mencapai puncak tertinggi. Puncak tertinggi adalah jam tersibuk dari beban tersebut yang berkisar antara jam 10 sampai jam 11 siang. Pola beban selalu berubah dari hari ke hari, yang jelas ada jam tertentu untuk suatu grafik mencapai puncak tertinggi yang disebut sebagai jam tersibuk.



Grafik. Pemakaian daya pada sistem telekomunikasi

Kapasitas sistem ditentukan berdasarkan kontribusi energi dari masing-masing sumber. Dari data yang diperoleh dengan energi beban sebesar 135 kWh, maka spesifikasi beban hariannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kapasitas Beban

No	Power	Hour	Energi beban
			Kwh
1	0.9	6	5.4
2	1.8	1	1.8
3	2.7	1	2.7
4	3.6	1	3.6
5	9.6	1	9.6
6	15.9	1	15.9
7	11.9	1	11.9
8	9	1	9
9	7.5	1	7.5
10	8.6	1	8.6
11	11.8	1	11.8
12	13.8	1	13.8
13	11.4	1	11.4
14	7.1	1	7.1
15	3.4	1	3.4
16	5.2	1	5.2
17	3.6	1	3.6
18	1.8	1	1.8
19	0.9	1	0.9
Jumlah Energi Beban			135

2.2. Kapasitas Fotovoltaik

Kapasitas fotovoltaik ditentukan berdasarkan spesifikasi beban harian. Dengan mengambil kontribusi energi sebesar 70 % dari fotovoltaik maka dengan menggunakan rumus dapat ditentukan kapasitas PV sebagai berikut:

$$CPV = \frac{EPV}{Q \times \frac{1}{A} \times K}$$

Dimana:

- CPV : Kapasitas fotovoltaik (kWp)
- EPV : Energi harian output PV (kWh)
- Q : Insolasi matahari rata-rata (kWh/m² hari)
- A : Standar radiasi matahari 1 kW / m²
- K : Kompensasi rugi-rugi (loses)
 - Kompensasi rugi-rugi temperatur = 0,9
 - Kompensasi rugi-rugi instalasi PV array = 0,9
 - Kompensasi rugi-rugi baterai = 0,9

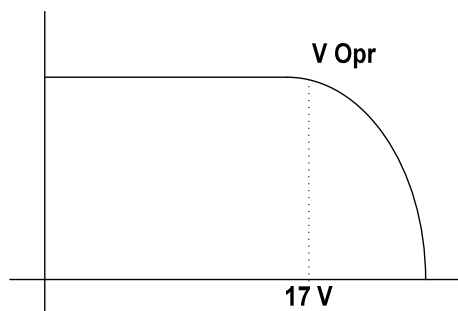
Apabila kontribusi energi yang diambil sebesar $\pm 70\%$ maka EPV adalah $0,70 \times 135 \text{ kWh} = 94,5 \text{ kWh / hari}$.

Sehingga diperoleh :

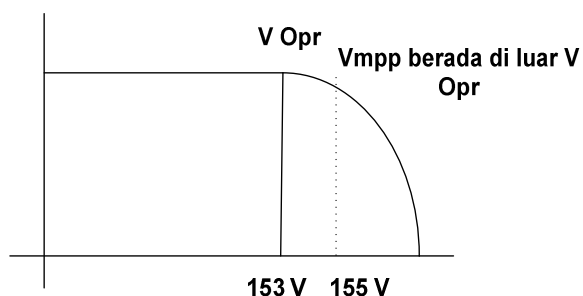
$$CPV = \frac{94,5}{4,5 \times \frac{1}{1} \times 0,73}$$

$$CPV = 28,767 \text{ kWp}$$

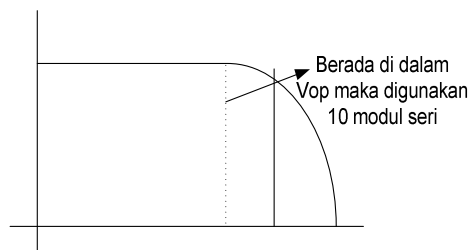
Karakter Modul



Gbr 2. Karakteristik I-V menggunakan 1 modul



Gbr 3. Karakteristik I-V menggunakan 9 modul



Gbr 4. Karakteristik I-V menggunakan 10 modul

Misalnya:

- Modul yang digunakan adalah modul 100 Wp

- Tegangan kerja baterai Nominal adalah 120 Volt

Hitung: Tegangan kerja modul 17 Volt

Penyelesaian:

- Untuk mendapatkan tegangan baterai 120 Volt diperlukan 10 Modul

Jika tegangan maximum = 17,0 Volt dan modul yang digunakan adalah mempunyai daya puncak = 50 watt-peak, maka jumlah modul yang disusun secara seri dan paralel adalah :

Σ modul PV seri = 10 modul

Σ modul PV paralel adalah :

$$= \frac{28767}{(10 \times 50)}$$

$$= 57,53 \approx 58 \text{ modul}$$

Dengan demikian jumlah total modul PV adalah 580 modul.

2.3. Kapasitas Baterai

Sesuai dengan sistem hibrid yang direncanakan disini, maka fungsi baterai adalah sebagai penyimpan energi dimana pengisian energinya berasal dari Fotovoltaik dan dari diesel. Energi yang berasal dari diesel melalui suatu alat charger) selanjutnya baterai berfungsi memberikan energi ke beban melalui inverter. Adapun energi yang dipasok dari fotovoltaik sesuai dengan yang direncanakan adalah sekitar 70% jadi tinggal 30% energi beban yang harus dipasok oleh baterai yang pengisiannya berasal dari hasil "charging" Diesel. Pada saat terjadi Autonomous Day (hari dimana tidak ada energi matahari sehingga tidak ada supply dari Fotovoltaik) maka kapasitas baterai harus mampu mensuplai energi beban yang direncanakan.

Kapasitas baterai dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{Bat} = \frac{EL \times A_{onomous Day}}{V_n \times Eff_{Bat}}$$

Dimana :

C baterai = Kapasitas Baterai (Ah)

EL = Energi Beban (kWh)

A = Atonomous day

Untuk Stand alone A = 3 – 5 hari

Untuk Back Up A = 2 hari

Untuk Hibrid A = 1 hari

Tegangan Nominal $V_n = 120 \text{ Volt}$

D O D = Eff Bat = 80 %

Sistem yang digunakan adalah sistem hibrid maka Atonomous day = 1, sehingga di dapat :

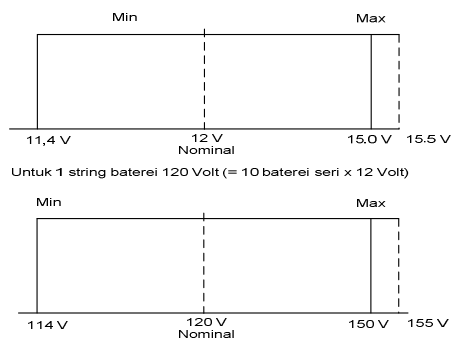
$$C \text{ Baterai} = \frac{94,5kWh \times 1}{120 \times 0,80}$$

$$= 984,375 \text{ Ah}$$

Karakteristik Baterai

► Untuk baterai sel = 2 V
Teg. Minimum baterai = 1,9 V/sel
Untuk 12V = 6 sel
= (6x2V)x1.9V=11,4 V

Teg. Maximum baterai = 2,5 V/sel
Untuk 12V = 6 sel
=(6 x 2V)x2,5V = 15,0 V



Gbr.5. Karakteristik Baterai

Jika digunakan baterai truck 12 Volt, maka untuk mendapatkan tegangan maksimum baterai sebesar 120 Volt, maka baterai harus diseri sebanyak 10 buah. Jumlah baterai paralel untuk tegangan 120 Volt adalah:

$$= \frac{984,375}{120 \text{ Volt}}$$

$$= 8,203 \text{ baterai} \approx 9 \text{ baterai}$$

Total baterai yang digunakan adalah 90 baterai.

2.4. Kapasitas Diesel

Untuk mengantisipasi adanya pertambahan beban yang mungkin terjadi, maka kapasitas diesel diambil lebih besar dari daya puncak yang terjadi.

Berdasarkan kontribusi energi yang digunakan dimana energi dari diesel sebesar 30%, maka energi beban yang digunakan adalah sebesar 30% beban harian yaitu = 0,3 x 135000Wh = 40500 Wh.

Lamanya diesel bekerja dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

- I Diesel x h x 220 Volt = Energi beban yang dipakai

$$h = \frac{\text{Energi beban yang terpakai}}{I \text{ Diesel} \times 220 \text{ Volt}}$$

$$I \text{ diesel} = \frac{\text{KVA Nominal Diesel} \times \cos \theta}{220 \text{ Volt}}$$

$$I \text{ Diesel} = \frac{25 \text{ KVA} \times 0,8}{220 \text{ Volt}}$$

$$= 0,09 \text{ A}$$

diperoleh ; $h = \frac{40,5}{0,09 \times 220}$

Jadi lamanya diesel bekerja ± 2jam

Adapun proses /tahapan pengisian baterai oleh diesel adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Tahapan pengisian baterai oleh Diesel

Diesel Start	Diesel Stop	Range (SOC)
Setting timer, atau	2,045 jam, diesel 30 %, atau	> 80% → 100%
DOD baterai = 20 %, atau	Baterai penuh, atau	80 % → 100%
Baterai kosong	Setelah equalisasi	40 % → > 100%

2.5. Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter ditentukan berdasarkan kebutuhan daya puncak yang terjadi pada beban. Berdasarkan pola beban pada grafik 1, maka daya puncak terjadi pada jam 10 sampai jam 11 siang yaitu sebesar 15,9 kWh.

Untuk mengantisipasi adanya pertambahan beban yang mungkin terjadi, maka kapasitas inverter diambil lebih besar dari daya puncak yang terjadi. Pada disain disini digunakan kapasitas inverter sebesar 25 kVA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Management Energy* Untuk Sistem Hibrid

Untuk menghindari over load pada diesel maka perlu diketahui persyaratan dan management energy dari sistem hibrid. Persyaratan dan management energy untuk sistem hibrid terbagi dua yaitu:

- Sistem hibrid tanpa sinkronisasi
- sistem hibrid dengan sinkronisasi

Sistem hibrid tanpa sinkronisasi (Sistem Satu Arah)

Persyaratan:

1. Kapasitas diesel (Energy Konvensional) > Kapasitas beban harian
2. Kapasitas Inverter > 1,15 s/d 1,5 Kapasitas beban harian.
3. Apabila D.O.D regular (harian) baterai = 80%, maka harus digunakan baterai blok (2V/cell).

Management Energy:

1. Untuk mensuplai beban harian, dihitung berdasarkan kontribusi energi PV dan energi diesel (berkisar antara 50%-50% sampai dengan 30%-70%)
2. Kapasitas baterai dihitung berdasarkan Energi beban harian dan Autonomous day = 1 dan D.O.D minimum.

Operating System

Diesel bekerja tiap hari selama waktu tertentu:

1. Diesel diset untuk ON pada jam tertentu (dgn timer) dan sebaiknya dilakukan pada sore atau malam hari (setelah matahari terbenam).
2. Diesel juga ON apabila D.O.D mendekat minimum (diatur oleh system control/BCR)
3. Diesel maupun PV akan OFF apabila dicapai kapasitas baterai penuh (diatur oleh system Control/BCR)
4. Apabila baterai mencapai D.O.D minimum, maka beban juga akan OFF dan akan ON kembali pada saat baterai mencapai kapasitas tertentu (diatur oleh system Control/BCR)
5. Apabila system hibrid mengalami trouble, maka digunakan system manual, yaitu diesel langsung mensuplai beban dan hubungan diesel ke charger diputuskan
6. Dalam kasus No.4 bukan termasuk trouble dalam sistem hibrid. Disini konsumen harus menunggu sampai sistem bekerja kembali.

7. Apabila terjadi beban lebih dari kapasitas inverter, maka terjadi pemutusan beban total dan terpaksa beban harus dilayani oleh diesel
8. Untuk menanggulangi penambahan beban, maka kapasitas diesel harus direncanakan sebelumnya, sedangkan inverter harus ditambah untuk melayani beban tambahan tersebut.

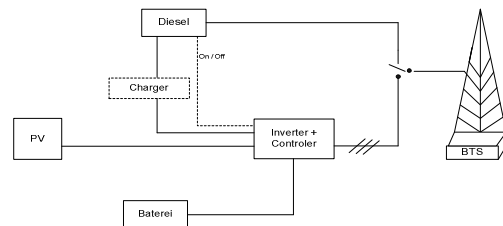
Diesel bekerja tidak setiap hari (> 1 hari). Hampir sama dengan diesel yang bekerja tiap hari, hanya disini diesel mulai ON, di-set pada D.O.D baterai hampir mendekati D.O.D minimum.

Keunggulan

Tidak terjadi overload pada Diesel (Kalau PLN, hal ini dapat ditanggulangi)

Kerugian

Apabila terjadi penambahan beban dimana tidak kuat dilayani oleh inverter yang ada, maka perlu penambahan inverter dan re-instalasi beban



Gbr. 5. Sistem hibrid tanpa sinkronisasi

Komponen-komponen sistem hibrid tanpa sinkronisasi yaitu, Modul Fotovoltaik, diesel, charger, inverter / controller, baterai, dan BTS sebagai beban.

Pada sistem ini, dapat dilihat bahwa baterai berfungsi sebagai penyimpan energi dimana energi berasal dari Fotovoltaik dan dari diesel. Untuk energi yang berasal dari diesel melalui suatu alat charger. Selanjutnya baterai berfungsi memberikan energi ke beban melalui inverter. Kontribusi energi adalah 70% dari fotovoltaik dan 30% dari diesel.

Sistem Hibrid dengan Sinkronisasi (Sistem Dua Arah)

➤ Persyaratan

Persyaratan sama dengan sistem hibrid tanpa sinkronisasi, hanya saja pada sistem ini inverter harus mempunyai system sinkronisasi.

➤ Management Energy

Sama dengan sistem hibrid tanpa sinkronisasi

➤ Operating System

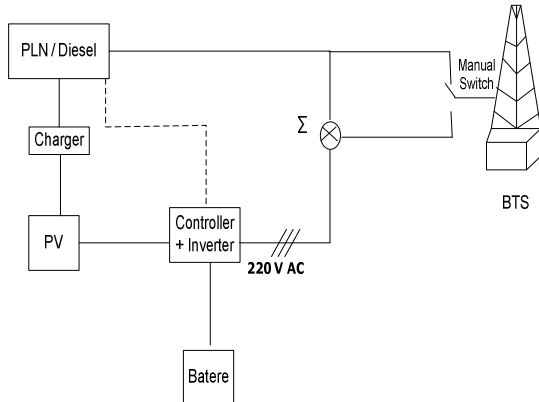
1. Charge diesel ke baterai dapat di-set pada D.O.D tertentu. Jadi D.O.D reguler (harian) dapat > 80%
2. Diesel dan inverter dapat melayani beban bersamaan dengan pembagian catu daya tertentu (diatur oleh controller)
3. Pada saat tertentu ada kejadian dimana diesel akan melayani beban dan juga men-charge baterai.

Keunggulan

1. Baterai tidak pernah mencapai D.O.D minimum (umur baterai jelas lebih lama)
2. Kapasitas inverter mampu melayani beban tambahan tertentu
3. Mempunyai sistem yang elastis terhadap adanya penambahan beban.

Kerugian

1. Diesel dapat overload, tapi hal ini dapat dicegah dengan system control.
2. System control menjadi rumit dan memerlukan peralatan elektronik yang handal dan canggih
3. Kontribusi energi diesel dengan PV menjadi tidak jelas (pemakaian diesel akan menjadi lebih besar dari perencanaan semula).



Gbr.6 Sistem Hibrid dengan Sinkronisasi

Komponen-komponen sistem hibrid dengan sinkronisasi sama dengan komponen sistem hibrid tanpa sinkronisasi, hanya saja pada sistem hibrid dengan sinkronisasi dilengkapi dengan alat pensinkronisasi.

Pada sistem ini, fotovoltaik dan diesel bekerja secara bersama-sama. Untuk diesel beroperasi setiap hari yang diatur oleh timer. Lama diesel beroperasi diatur oleh Baterei Charger Regulator (BCR).

4. KESIMPULAN

- ❖ Dibandingkan energi konvensional pada umumnya, energi matahari dengan menggunakan fotovoltaik terkesan rumit, mahal dan sulit dioperasikan. Namun pengalaman lebih dari 15 tahun operasional di beberapa kawasan di Indonesia, sistem fotovoltaik merupakan suatu sistem yang mudah pengoperasiannya, handal serta memerlukan biaya pemeliharaan dan operasi yang rendah sehingga menjadikan sistem fotovoltaik mampu bersaing dengan teknologi konvensional pada sebagian besar kondisi Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN dan tergolong sebagai kawasan terpencil.
- ❖ Disain PLTH ini, menggunakan kontribusi energi antara konservatif dan energi alternatif, sehingga menghasilkan optimasi yang memungkinkan, baik terhadap penggunaan fotovoltaik, efisiensi diesel maupun pemakaian BBM. Seperti yang direncanakan maka kontribusi energi fotovoltaik sekitar 70% dan kontribusi diesel sekitar 30 % dengan operasi diesel sekitar 2 jam per hari.
- ❖ Dengan adanya kapasitas inverter dan diesel yang lebih besar dari daya puncak beban yang direncanakan semula maka memungkinkan adanya pertambahan beban tanpa merubah sistem pembangkit.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Bina Usaha Koperasi Industri. Materi Pelatihan Keterampilan Tenaga KUD dan Aparat Pengelola PLTS. Departemen Koperasi dan PPK, Jakarta, 1993, 83-99.

<http://www.gerbangmultindo.go.id>

Sudradjat. 2001. Program Pengkajian Sistem PLTH Surya-Diesel. (The Assessment Program on Hybrid Solar-Diesel Power Systems. (BPPT 2001-2003). Centre For The Assessment and Application of Energy Conversion and Conservation Technology, BPPT, Jakarta, November 2001.

Sudradjat, Adjat, 2007. Sistem-sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Disain sistem, cara kerja, pengoperasian dan perawatan. BPPT Press, Jakarta, 2007.

Udin, Zhanggischan, 2003. Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (PLTH) Photovoltaic-Diesel. Volume II No. 2, Juni 2003, 7-11.

